心理学报 2021, Vol. 53, No. 6, 575−586
Acta Psychologica Sinica

https://doi.org/10.3724/SP.J.1041.2021.00575

动态性对简笔画动物审美的影响及其神经机制*

赵雪汝[1,2] 李 婷[3] 李金惠[1] 何先友[1] 张 维[1] 陈广耀[4]

([1] 华南师范大学心理学院/脑认知与教育科学教育部重点实验室(华南师范大学)/心理应用研究中心/广东省心理健康与认知科学重点实验室, 广州 510631) ([2] 北京教育学院学生发展中心, 北京 100120) ([3] 松山湖实验中学, 广东 东莞 523000)
([4] 暨南大学新闻与传播学院/媒体国家级实验教学示范中心(暨南大学), 广州 510632)

摘 要 运用行为和 fMRI 技术, 通过比较动态刺激与静态刺激审美判断的行为和脑机制的异同探讨动态性对简笔画动物审美的影响, 包括两个实验。结果发现, 动态简笔画动物的美观程度评分和喜欢程度评分都显著高于静态简笔画动物。同时, 动态简笔画动物审美判断激活的区域基本涵盖了静态简笔画动物审美所激活的区域, 二者都激活了枕叶区等视觉加工区域、额叶区等认知加工区域、眶额叶皮层等奖赏区域以及海马、脑岛、扣带回、杏仁核等情绪加工区域。与静态简笔画动物的审美相比, 动态简笔画动物的审美显著激活了双侧舌回、双侧 MT。本研究结果表明, 动态性影响了对简笔画动物的审美, 动态简笔画动物比静态简笔画动物被判断为更加美观。

关键词 动态性, 动态简笔画动物, 静态简笔画动物, 审美

分类号 B842

1 前言

“爱美之心, 人皆有之”。审美需要是人类的一种高级精神追求, 马斯洛(Maslow, 1908~1970)曾说过“从最严格的生物学意义上, 人类对于美的需要正像人类需要钙一样, 美使得人类更健康。”自古以来, 哲学家、文学家、艺术家、心理学家等一直在思考与探讨美的问题。

关于美的研究, 最初采用思辨方法对什么是美以及审美判断的过程进行探讨, 后来随着费希纳(G. T. Fechner) 1876 年创立的实验美学, 研究者们开始对美进行实证研究, 主要围绕审美的影响因素展开研究。以往关于审美的影响因素的实证研究表明, 审美既受刺激的客观因素影响, 比如对称性、典型性、新颖性、复杂性、对比度和清晰度等, 同时又会受个体的主观经验影响, 比如熟悉性、加工流畅性、专业背景知识等(Baudouin & Tiberghien, 2004; Biaggio & Supplee, 1983; Hekkert et al., 2003; Jacobsen et al., 2006; Kirk, Skov, & Christensen et al., 2009; Rhodes et al., 1998)。

这些研究大多以静态刺激为研究对象, 而现实生活中, 我们经常遇到的是动态刺激, 但以往研究者却很少关注动态性对审美的影响。Mastandrea 和 Umiltà (2016)曾探讨过标题的动态程度对艺术作品的审美及喜欢程度的影响。他们给 10 幅艺术作品分别设置了 4 种标题, 即原始标题、动感增强的标题、动感减弱的标题以及没有标题 4 种类型。然后让被试分别判断每种标题条件下对艺术品的美感及喜欢程度, 结果发现, 被试对 4 种标题条件下的图片的美感判断并没有差异, 但是喜欢程度有显著差异, 随着标题的动感增强, 被试对图片的喜欢程度也越来越高。另一项研究通过行为评定的方式和 TMS 技术手段探讨了运动和身体胖瘦对身体体型和姿势审美的影响, 结果发现被试更喜欢瘦的和运动的刺激, 运动能够调节身体胖瘦对身体姿势的审美影响(Cazzato et al., 2012; Urgesi et al., 2012)。这一发现与 Mastandrea 和 Umiltà (2016)的研究结果并不一致, Mastandrea 和 Umiltà (2016)的研究发现了

收稿日期: 2020-06-23

* 国家自然科学基金(31970984, 31671132)、北京教育学院重点关注课题(ZDGZ2019-01)、中央高校基本科研业务费专项资金资助(19JNQM04)。

通信作者: 何先友, E-mail: xianyouhe@163.com; 赵雪汝, E-mail: 871656880@qq.com

动态性会增加图片的喜欢程度，不会增加美感程度。而 Cazzato 等人研究却发现运动是可以影响审美评分的。因此，动态性是否对审美判断产生影响还需进一步的研究。

近 20 年来，随着神经美学的兴起，研究者们越来越关注个体在审美活动中的脑生理基础。现有关于审美的认知神经机制的研究大多以视觉刺激材料为主，主要集中在几何图形、面孔以及绘画等艺术作品上(Bray & O'Doherty, 2007; Cupchik et al., 2009; Jacobsen et al., 2006; Kim et al., 2007; Kranz & Ishai, 2006; Mende-Siedlecki et al., 2012; Mizokami et al., 2014; Winston et al., 2007)。这些研究中的视觉刺激材料基本以静态刺激为主，虽然有部分研究中的静态刺激中也包含着动态内容，但研究者们并没有明确地区分出动态美和静态美，从动态性角度进行探讨。以往关于审美的研究发现审美一般包含感觉性加工、认知性加工和情绪性加工三种加工过程(Berlyne, 1971; Cupchik, 2002; Zhang et al., 2017; Zhang et al., 2016)。其中感觉性加工主要激活梭状回以及枕回等区域(Cela-Conde et al., 2004; Cupchik et al., 2009)；认知性加工一般激活前额叶皮层、额下回、额中回(Jacobsen et al., 2006)；情绪性加工主要激活海马、脑岛、杏仁核等情绪加工脑区以及扣带回、眶额叶皮层、尾状核、腹侧纹状体等与奖赏有关的区域(Blood & Zatorre, 2001; Bohrn et al., 2013; Cupchik et al., 2009; Di Dio et al., 2007; Tsukiura & Cabeza, 2011a)。毫无疑问，不管静态刺激的审美加工还是动态刺激的审美加工都会包含这三种普遍的加工过程。但是二者却又是不同的，二者一动一静，那它们的审美判断在神经机制上是否不同？这是本研究需要探讨的问题。

以往研究中，静态刺激和动态刺激的具体操作定义可以从两个方面来说，一方面是刺激呈现方式，另一方面是刺激呈现内容。从刺激呈现方式来看，动态刺激的呈现方式是动态的，比如视频形式、GIF 动画形式、音乐的形式等，静态刺激的呈现方式则是静态的，比如静止的图片、文字等形式。从刺激呈现内容看，动态刺激的内容具有动态感，静态刺激的内容则没有动态感。比如当采用静止图片形式呈现人物时，动态刺激中呈现的人物是在活动的，如跳舞或跑步；而静态刺激中呈现的人物则是静止不动的，也无动态感。一般情况下，当刺激呈现方式不一样时，刺激的内容是一致的，比如刺激内容都是恐惧的面部表情，动态刺激是采用视频形式表现，而静态刺激是采用视频中的某一帧来表现(Rymarczyk et al., 2019)。而当刺激内容不一致时，刺激呈现方式则是一致的，这也是为了控制更多的无关因素。本研究中的静态刺激和动态刺激是从刺激呈现内容来进行区分的，采用了统一的静止图片的呈现形式，但一类具有动态感，一类没有动态感。

自古以来，动物就一直是人类的生存伙伴，时至今日，人类也一样离不开动物。动物也因此成为艺术家笔下最经常出现的素材，比如中国著名的画家中，徐悲鸿擅长画马，齐白石擅长画虾，吴作人擅长画熊猫，黄胄擅长画驴，李可染擅长画牛，张大千擅长画虎，李苦禅擅长画鹰等等，他们笔下的动物都活灵活现，生动形象，如同真的一般，所以深受大众的喜爱。我们日常生活中，不管是在街上还是在动物园，经常会看到活动的动物和静止的动物，人们对这两类动物的审美和喜欢程度是否有差别？是否像艺术家们笔下的动物一样，动态的、活动的就更受喜爱？本研究采用动物作为实验材料，以此探讨动态性对动物审美判断的行为和神经机制的影响。

我们采取简笔画这种艺术形式来表示动物，主要是因为简笔画这种形式简单直观，可以很好地控制复杂度、清晰度、色彩等很多无关因素，而若采用其他的绘画形式，相比简笔画来说都比较复杂，甚至带有丰富的色彩，会平添很多无关因素。并且采用专业人士专门进行创作的简笔画动物作为材料，可以很好地控制动物的姿态，动物的形态大小以及人们对于动物的熟悉度等很多其他无关因素。

综上所述，本研究综合采用行为学研究方法和 fMRI 技术，通过比较动态刺激和静态刺激在行为和脑机制方面的审美体验的异同来探讨动态性对简笔画动物审美判断的影响。同时，在神经机制研究中把实验材料分为美观和不美观，分别探讨美观程度不一样时，动态刺激审美的神经机制与静态刺激审美神经机制的异同。

我们的预期是：如果静态刺激和动态刺激的审美在行为实验结果上和 fMRI 结果上有显著差异，那么动态性会影响简笔画动物的审美判断，主要表现为在行为实验结果上动态简笔画动物的审美评分会显著高于静态简笔画动物的审美评分；在 fMRI 结果上，动态简笔画动物会激活更多的审美体验区域。如果静态刺激和动态刺激的审美在行为实验结果上和 fMRI 结果上没有显著差异，那就证明动态性不会影响简笔画动物的审美判断，其主要表现

是：在行为实验结果上，动态简笔画动物的美观评分与静态简笔画动物的美观评分没有显著差异；在 fMRI 实验结果上，动态简笔画动物与静态简笔画动物的审美在审美体验的脑区激活上没有显著差异。

2　实验 1：动态简笔画动物审美的行为研究

2.1　实验目的

通过对动态简笔画动物和静态简笔画动物的美观评分差异比较，探讨动态性对简笔画动物的审美判断的行为结果的影响。

2.2　实验方法

2.2.1　被试

20 名华南师范大学在校大学生作为有偿被试参与了实验，其中女生 11 人；被试年龄在 19~29 岁(平均年龄为 22.75 ± 2.65 岁)，视力正常或矫正正常，无色盲色弱，且所有被试都没有接受过专业艺术训练。

2.2.2　材料

实验材料共分为两类，一类是动感强的简笔画动物图片，另一类是与其相对应的动感弱的简笔画动物图片。在本研究中为了方便描述，把强动感的动物图片等同于“动态动物”，把弱动感的动物图片等同于“静态动物”。

材料制作过程如下：让 2 名精通简笔画的美术生在不知道实验目的的情况下根据要求画出 210 张简笔画动物。要求他们画出成对的简笔画动物，即同一个动物既有一幅动感强的图片又有一幅动感弱的图片，动感强和动感弱的图片的唯一差别就是动感差异，其他方面都一样。然后把所有的图片裁剪成 500 × 400 像素大小的图片。

20 名不参加正式实验的被试对 105 对简笔画动物图片从动感程度进行了 7 点评定。动感程度指的是简笔画图片中动物的活动强烈程度(比如飞翔、跑、跳等活动)，1 表示图片中的动物基本没有活动或活动非常弱，7 表示图片中的动物活动非常强烈。

为了保证动态图片的动物动感强烈以及静态图片的动物没有动感，因此只选取评定分数在 3 以下的静态图片以及评定分数在 5 以上的动态图片，最后共选取 80 对图片。也就是说同一对图片，必须同时满足静态图片评分在 3 以下而动态图片评分在 5 以上，有任何一项不符合要求则将整对图片剔除，具体实验材料见图 1。

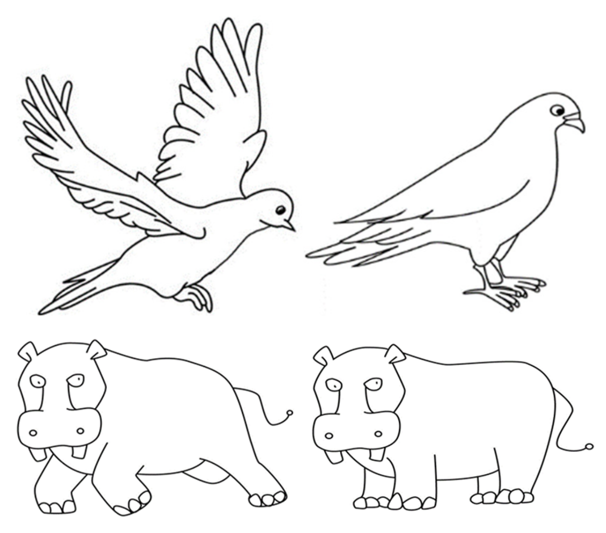


图 1　动态动物和静态动物举例

选取的 80 对动态图片的动感程度评定均值为 5.53 ± 0.32，静态图片的动感程度评定均值为 1.93 ± 0.35，两类材料在动感程度上差异显著，F (1, 79) = 5963.33, $p < 0.001$。

2.2.3　实验设计

实验采用单因素两水平的被试内设计，自变量为动物的动态性，分别为动态动物和静态动物，因变量为被试对简笔画动物评定的美观分数。

2.2.4　实验程序

实验图片采用随机的方式呈现给被试。要求被试对简笔画动物进行 1~7 分的美观评定和喜欢程度评定。美观评定中，1 为呈现的简笔画动物非常不美观，7 为呈现的动物非常美观；喜欢程度评定中，1 为对呈现的简笔画动物非常不喜欢，7 为对呈现的动物非常喜欢。因为简笔画材料的特殊性，其既包含了动物的美丑，也包含了绘画角度的好与坏，因此只让被试评定简笔画动物的美观程度和喜欢程度，而不对整个绘画技术的好坏进行评定。

2.3　实验结果与讨论

采用 SPSS 22.0 对简笔画动物的美观评分和喜欢程度评分进行重复测量分析，共进行两种分析，一种是基于被试的分析，一种是基于项目的分析。结果分析发现，在基于被试的分析下，被试对动态动物的美观评分显著高于其对静态动物的美观评分，F (1, 19) = 18.60, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.50$；同时，被试对动态动物的喜欢程度也显著高于其对静态动物的喜欢程度，F (1, 19) = 26.68, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.58$。在基于项目的分析下，80 个动物的动态形式和静态形式的美观评分存在显著差异，F (1, 79) = 299.47, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.79$，表现为对于同一个动

物，被试对其动态形式的美观评分显著高于对其静态形式的评分；同样，两类动物的喜欢程度也存在差异，表现为动态形式的动物的喜欢程度评分显著高于静态动物的喜欢程度评分，$F(1, 79) = 305.59$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.80$ (见图 2)。

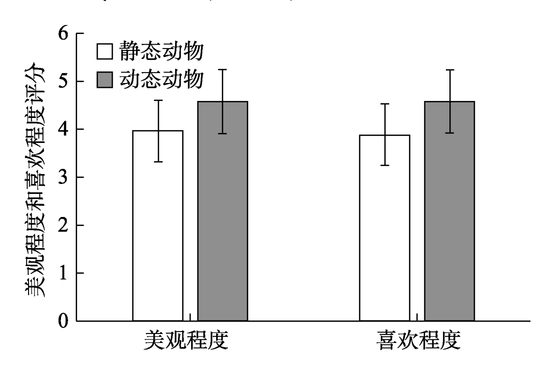


图 2 动态动物和静态动物的美观程度评分和喜欢程度评分

实验 1 的结果表明，动态性影响了我们对简笔画动物的审美及喜好程度。相比于静态的动物，被试更加喜欢动态的动物，并且觉得动态的动物更美。那人们对动态动物审美的神经机制又是怎么样的？前人很少研究动物的审美，至于其神经机制更是无从知晓，因此实验 2 将展开动态简笔画动物审美的神经机制的研究。

3 实验 2：动态简笔画动物审美的神经机制

3.1 实验目的

通过对动态简笔画动物和静态简笔画动物在审美判断上的神经机制的异同比较，探讨动态性对简笔画动物神经机制的影响。

3.2 实验方法

3.2.1 被试

20 名华南师范大学在校大学生参与了实验，其中女生 10 人，男生 10 人，均未参加过实验 1，被试的平均年龄为 20.25 ± 2.27 岁；所有被试均为右利手，视力正常或矫正正常，无精神病史，身心健康。被试均为非艺术生，没有接受过长期的专业艺术训练。所有被试在正式实验前会签署一份实验知情同意书并填写身体健康检查表和安全须知，所有被试均符合在强磁场环境下做实验的条件。实验得到华南师范大学心理学院伦理审批委员会的批准。所有被试在实验后均获得一定报酬。

3.2.2 材料

实验材料共分为 3 类，包括：动态简笔画动物、静态简笔画动物以及灰度色块。

简笔画动物的制作过程同实验 1。由 20 名不参加正式实验的被试对 105 对简笔画动物图片的动感程度及美观程度进行了 7 点评定，评定方法同实验 1。

最终根据评定结果选取了 48 张动态的图片及其相对应的 48 张静态的图片。动态图片的动感程度评定均值为 5.44 ± 0.42，静态图片的动感程度评定均值为 2.00 ± 0.41，两类材料在动感程度上差异显著，$F(1, 47) = 2267.96$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.980$，这说明材料选取符合标准。

同时，根据被试对图片的美观程度评分，分别把图片分为 24 张美观动物图片(一半飞禽，一半走兽)和 24 张不美观动物(一半飞禽，一半走兽)图片。因动态图片和静态图片的美观评分不一致，因此单独计算动态图片中美观和不美观的评分以及静态图片中美观和不美观的评分。美观动态动物图片的美观程度得分为 5.14 ± 0.39，不美观动态动物图片的美观程度得分为 3.81 ± 0.45，动态动物图片中美观和不美观两类材料差异显著，$F(1, 46) = 119.51$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.72$；美观静态动物图片的美观程度得分为 4.61 ± 0.41，不美观静态动物图片的美观程度得分为 3.15 ± 0.39，静态动物图片中美观和不美观两类材料差异显著，$F(1, 46) = 160.68$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.78$，说明选取的材料比较合适。

灰度色块的制作过程如下：实验采用 48 个灰度色块作为基线刺激材料，灰度色块共分两种，一种是高亮度色块(RGB = 255, 255, 255)，另外一种是低亮度(RGB = 64, 64, 64)色块，每种各 24 个，两种色块都在 Adobe Photoshop CS6 中制作。

3.2.3 实验设计

实验采用 2(刺激类型：动态动物 / 静态动物) × 2(美观程度：美观/不美观)被试内设计；在刺激呈现上采用混合设计。

3.2.4 实验程序

研究中的三类刺激以组块的形式交替呈现。其中，动态动物审美判断(aesthetic judgment of dynamic animal, AD)、静态动物审美判断(aesthetic judgment of static animal, AS)作为实验条件，色块亮度判断(square luminance judgment, SL)作为基线条件。每类刺激的组块呈现 16 次，在被试间对组块出现的顺序进行平衡。在每个组块的内部镶嵌事件相关设计，每个组块包含 6 个刺激，每个刺激的呈现时间为 2000 ms，刺激之间的间隔在 500~4000 ms 之间变化(500 ms, 1000 ms, 1500 ms, 2000 ms, 2500 ms,

3000 ms, 3500 ms, 4000 ms)。每个组块的运行时间为 24 秒，组块与组块之间的间隔时间为 12 秒的注视点，所有刺激重复呈现 1 次，即每类刺激各有 96 个 trial，三类刺激共 288 个 trial。被试的任务分为两部分，一部分是针对简笔画动物进行审美判断，如果被试认为图片中的动物美观，则按“3”键，如果认为图片中的动物不美观，则按“1”键；另一部分任务是针对色块进行亮度判断，如果被试认为色块很亮，则按“3”键，如果色块很暗，则按“1”键。按键和实验组块在被试间进行平衡。

正式实验时，被试平躺在磁共振仪器中，头部以线圈固定，左右手分别握住一个反应盒进行按键反应。实验程序最初先呈现 12 s 的“+”注视点，以确保被试的生理信号达到平稳值。实验共分为 2 个 run，每个 run 的运行时间约为 15 分钟。

3.2.5　fMRI 数据采集

实验采用西门子公司生产的 3T 超导型磁共振成像系统(3T Siemens Trio Tim scanner)。采用 12 通道相控阵头部线圈，以专门的衬垫固定头部防止头动。对于功能像扫描，采用梯度回波快速回波平面序列(gradient echo, echo planar imaging sequence, GRE-EPI), T2*加权像，水平位，TR/TE = 2000 ms / 30 ms，翻转角为 90°，层厚 3 mm，间隔 1 mm, FOV = 192 mm，矩阵 64 × 64，层数为 32 层。对于结构像扫描，采用磁化强度预备快速梯度回波序列(MP-RAGE sequence), TR = 1900 ms, TE = 2.52 ms，翻转角为 9°，获得 1 mm × 1 mm × 1 mm 的 T1 加权像。

3.2.6　fMRI 数据分析

数据采用 DPABI (http://rfmri.org/dpabi, Yan et al., 2016)进行预处理，采用 SPM8 (http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/)进行一阶分析和二阶分析。其中，3 名被试(1 名男性，2 名女性)的头部参数超过矫正标准，因此予以剔除。

在个体水平，采用一般线性模型(the general linear model, GLM)构建多重线性回归模型矩阵，矩阵包括三种事件类型：动态动物、静态动物和灰度色块，每种类型各 2 个水平(动物：美观/不美观；色块：亮/暗)，共 6 种条件；事件类型在时间上锁定每次测试的开始，持续时间为 0 ms；采用经典血动力反应函数(HRF)及其时差导数(temporal derivatives, TD)进行卷积；同时将预处理后头动矫正过程中产生的 6 个头动参数作为不感兴趣的控制变量并入模型。然后使用 128 s 的高通滤波函数去掉低频噪音。

采用个体水平通过 GLM 分析产生的 contrast images 进行第二阶段(2nd-level)的组分析。组分析采用 Flexible Factorial analyses。

在数据分析中主要采用如下统计检验：(1)动态动物审美判断的激活脑区，包括：动态动物审美判断(aesthetic judgment of dynamic animal, AD) > 色块亮度判断(square luminance judgment, SL)；美观动态动物判断(beautiful dynamic animal, BD) > 高亮度灰度色块判断(high luminance, HL)；不美观动态动物判断(ugly dynamic animal, UD) > 低亮度灰度色块判断(low luminance, LL)；(2)静态动物审美判断的激活脑区，包括：静态动物审美判断(aesthetic judgment of static animal, AS) > 色块亮度判断(SL)；美观静态动物判断(beautiful static animal, BS) > 高亮度灰度色块判断(HL)；不美观静态动物判断(ugly static animal, US) > 低亮度灰度色块判断(LL)。(3)动态动物和静态动物共同激活的脑区：采用最小统计法对上述的“AD > SL”和“AS > SL”, “BD > HL”和“BS > HL”以及“UD > LL”和“US > LL”进行 conjunction 分析。(4)动态动物与静态动物的差异脑区：把动态动物和静态动物激活的脑区直接进行比较，共包括：“AD > AS”, “AS > AD”, “BS > BD”, “BD > BS”, “UD > US”和“US > UD”。

3.3　实验结果

3.3.1　行为结果

行为结果中，因变量为美观动态动物、美观静态动物、不美观动态动物和不美观静态动物等每一类型的动物被选为美的概率。每个被试的两个 run 单独参与分析。最终结果分析表明，美观静态动物选择为美的概率为 0.87 ± 0.79；不美观静态动物选择为美的概率为 0.17 ± 0.13；美观动态动物选择为美的概率为 0.87 ± 0.10；不美观动态动物选择为美的概率为 0.19 ± 0.11。另外，2(美观程度：美观 vs. 不美观) × 2 (刺激类型：动态动物 vs.静态动物)的重复测量方差分析结果显示，美观程度的主效应显著，F (1, 33) = 1760.60, p < 0.001, η^2 = 0.98；刺激类型主效应不显著，F (1, 33) = 2.02, p = 0.165。

美观程度与刺激类型的交互作用显著，F (1, 33) = 4.20, p = 0.048, η^2 = 0.11。进一步分析发现，在美观条件下，动态动物和静态动物被选择为美的概率的差异并不显著，F (1, 33) = 0.12, p = 0.728。但在不美观条件下，动态动物和静态动物选择为美的概率差异显著，主要表现为不美观动态动物被选择为美的概率比不美观静态动物的更高，F (1, 33) = 4.96, p = 0.033, η^2 = 0.13。

实验 2 的行为结果表明, 在静态时被判定为不美观的动物, 在动态时却有可能将其判断为美观, 这说明了动态性可以调节动物的美观程度, 可以使动物变得更加美观。不过在美观条件下却没有发现动态动物和静态动物被选择为美的概率的显著差异, 在神经机制的结果上是否仍然会如此? 在神经机制上是否会体现出美观条件下的差异?

3.3.2 脑成像结果

对于脑成像结果, 主要分析了如下效应: (1)动态动物审美判断的激活脑区; (2)静态动物审美判断的激活脑区; (3)动态动物和静态动物共同激活的脑区; (4)动态动物和静态动物激活的差异脑区。

(1)动态动物审美判断的激活脑区

“动态动物审美判断 > 色块亮度判断”对比的结果发现, 对动态动物作出美观判断时主要激活了右侧枕下回(Inferior occipital gyrus, IOG)、左侧枕中回(Middle occipital gyrus, MOG)、双侧海马(Hippocampus)、双侧三角部额下回(Inferior frontal triangle, IFT)、双侧岛盖部额下回(Inferior frontal operculum, IFO)、双侧扣带回(cingulate cortex)、左侧梭状回(Fusiform gyrus)、左侧脑岛(Insula)、左侧杏仁核(Amygdala)。

“美观动态动物 > 高亮度灰度色块”对比的结果发现, 对美观的动态动物作出审美判断时主要激活了右侧枕下回、左侧枕中回、双侧海马、双侧梭状回、左侧扣带回、双侧岛盖部额下回。

“不美观动态动物 > 低亮度灰度色块”对比的结果发现, 对不美观的动态动物作出审美判断时主要激活了右侧枕下回、左侧枕中回、双侧海马、右侧梭状回、左侧三角部额下回、右侧岛盖部额下回、右侧扣带回、左侧脑岛、右侧眶额叶皮层下部(Inferior orbitofrontal cortex, Inferior OFC)、左侧杏仁核(见表 1)。

表 1 动态动物审美判断活动激活的脑区

大脑区域	半球	峰值坐标 x	y	z	t 值	团簇大小
动态动物 > 亮度色块						
枕下回	R	36	−87	−12	29.97	5951
枕中回	L	−33	−90	−3	28.69	
海马	L	−21	−30	−6	14.87	94
	R	21	−30	−3	13.73	321
岛盖部额下回	R	48	9	27	12.86	1110
三角部额下回	L	−57	18	30	10.08	591
扣带回	R	6	27	36	9.75	635
	L	−6	24	39	9.50	
梭状回	L	−33	−6	−36	9.51	47
脑岛	L	−33	21	−6	9.13	184
杏仁核	L	−30	0	−24	7.49	72
美观动态动物 > 高亮度色块						
枕下回	R	36	−87	−12	19.82	1975
枕中回	L	−33	−90	−3	19.60	1633
海马	L	−21	−30	−6	10.09	38
	R	21	−30	−3	8.80	44
岛盖部额下回	R	48	9	27	9.54	307
	L	−39	3	27	6.04	35
梭状回	R	30	−3	−39	8.47	29
	L	−33	−6	−36	7.08	21
扣带回	L	−6	24	39	6.32	83
不美观动态动物 > 低亮度色块						
枕下回	R	36	−87	−12	22.51	4619
枕中回	L	−33	−90	−3	20.96	
海马	L	−21	−30	−6	11.21	65
	R	21	−30	−3	10.58	104
梭状回	R	30	−3	−39	9.61	40
岛盖部额下回	R	45	6	24	8.87	624
三角部额下回	L	−57	18	30	7.96	315
扣带回	R	6	27	36	7.61	323
脑岛	L	−33	21	−6	7.21	118
眶额叶皮层下部	R	48	51	−3	6.33	62
杏仁核	L	−27	0	−24	6.29	29

注: L/R 表示左/右脑, x、y、z 对应 MNI 坐标系, t 值表示激活区域峰值点的 t 值, 激活区域阈值为 $p < 0.05$ (FWE corrected)。

(2)静态动物审美判断的激活脑区

“静态动物审美判断 > 色块亮度判断”对比的结果发现, 对静态动物作出美观判断时主要激活了右侧枕下回、左侧枕中回、双侧梭状回、双侧海马、双侧三角部额下回、双侧岛盖部额下回、右侧扣带回、左侧脑岛、右侧眶额叶皮层下部。

“美观静态动物 > 高亮度灰度色块”对比的结果发现, 对美观的静态动物作出审美判断时主要激活了右侧枕下回、左侧枕中回、右侧梭状回、右侧岛盖部额下回、右侧海马、右侧三角部额下回、双侧扣带回。

“不美观静态动物 > 低亮度灰度色块”对比的结果发现, 对不美观的静态动物作出审美判断时主要激活了右侧枕下回、左侧枕中回、双侧梭状回、双侧岛盖部额下回、双侧三角部额下回、双侧海马、右侧扣带回、左侧脑岛、左侧杏仁核、左侧眶额叶皮层下部(见表 2)。

(3)动态动物和静态动物审美判断共同激活的脑区

对“动态动物审美判断 > 色块亮度判断(AD > SL)”和“静态动物审美判断 > 色块亮度判断(AS > SL)”进行 conjunction 分析, 结果发现, 动态动物与

静态动物共同激活的区域基本为静态动物审美所激活的区域，都涉及到右侧枕下回、左侧枕中回、双侧梭状回、双侧海马、双侧三角部额下回、双侧岛盖部额下回、右侧扣带回、左侧脑岛、右侧眶额叶皮层下部、左侧杏仁核。

表 2　静态动物审美判断的激活脑区

大脑区域	大脑半球	峰值坐标 x	y	z	t 值	团簇大小
静态动物 ＞ 亮度色块						
枕下回	R	36	−87	−12	27.90	4296
枕中回	L	−33	−90	−3	25.82	
梭状回	R	30	−3	−39	12.51	130
	L	−33	−6	−36	9.24	72
岛盖部额下回	R	48	9	27	12.30	760
海马	L	−21	−30	−6	11.91	56
	R	21	−30	−3	11.17	104
扣带回	R	6	27	36	9.71	348
三角部额下回	L	−57	18	30	8.91	277
脑岛	L	−33	21	−6	7.97	68
眶额叶皮层下部	R	24	24	−18	6.87	53
美观静态动物 ＞ 高亮度色块						
枕下回	R	36	−87	−12	19.07	1308
枕中回	L	−33	−90	−3	18.01	1169
梭状回	R	30	−3	−39	8.07	21
岛盖部额下回	R	48	9	27	7.78	100
海马	R	21	−30	−3	7.22	21
三角部额下回	R	48	30	18	6.75	56
扣带回	R	6	27	36	5.97	39
	L	−9	30	33	5.41	
不美观静态动物 ＞ 低亮度色块						
枕下回	R	36	−87	−12	20.37	3703
枕中回	L	−33	−90	−3	18.51	
梭状回	R	30	−3	−39	9.60	92
	L	−33	−6	−36	6.68	25
岛盖部额下回	R	48	9	27	9.59	513
海马	L	−21	−30	−6	9.07	41
	R	21	−30	−3	8.56	68
扣带回	R	6	27	36	7.74	143
三角部额下回	L	−57	18	30	7.31	136
脑岛	L	−33	21	−6	6.82	30
眶额叶皮层下部	L	−48	48	−3	6.09	27
杏仁核	L	−30	0	−24	6.47	24

注: L/R 表示左/右脑, x、y、z 对应 MNI 坐标系, t 值表示激活区域峰值点的 t 值, 激活区域阈值为 $p < 0.05$ (FWE corrected)。

对“美观动态动物 ＞ 高亮度灰度色块(BD ＞ HL)”和“美观静态动物 ＞ 高亮度灰度色块(BS ＞ HL)”进行 conjunction 分析，结果发现，两者共同激活的区域涵盖了美观静态动物审美所激活的区域，主要包括：右侧枕下回、左侧枕中回、右侧梭状回、右侧岛盖部额下回、右侧海马、右侧三角部额下回、双侧扣带回。

对“不美观动态动物 ＞ 低亮度灰度色块(ND ＞ LL)”和“不美观静态动物 ＞ 低亮度灰度色块(NS ＞ LL)”进行 conjunction 分析，发现二者共同激活的区域有右侧枕下回、左侧枕中回、右侧梭状回、双侧岛盖部额下回、双侧三角部额下回、双侧海马、右侧扣带回、双侧脑岛、左侧眶额叶皮层下部(见表 3)。

表 3　动态动物和静态动物共同激活的区域

大脑区域	大脑半球	峰值坐标 x	y	z	t 值	团簇大小
“AD ＞ SL”和“AS ＞ SL”的 conjunction 分析						
枕下回	R	36	−87	−12	27.90	4296
枕中回	L	−33	−90	−3	25.82	
梭状回	R	30	−3	−39	12.51	126
	L	−33	−6	−36	9.23	43
岛盖部/三角部额下回	R	48	9	27	12.30	755
海马	L	−21	−30	−6	11.91	56
	R	21	−30	−3	11.17	101
扣带回	R	6	27	36	9.71	344
岛盖部/三角部额下回	L	−57	18	30	8.91	277
脑岛	L	−33	21	−6	7.97	68
眶额叶皮层下部	R	24	24	−18	6.87	53
杏仁核	L	−30	0	−24	6.20	24
“BD ＞ HL”和“BS ＞ HL” 的 conjunction 分析						
枕下回	R	36	−87	−12	19.07	1308
枕中回	L	−33	−90	−3	18.01	1169
梭状回	R	30	−3	−39	8.07	21
岛盖部额下回	R	48	9	27	7.78	100
海马	R	21	−30	−3	7.22	21
三角部额下回	R	48	30	18	6.75	56
扣带回	R	6	27	36	5.97	35
	L	−3	24	39	5.39	
“ND ＞ LL”和“NS ＞ LL”的 conjunction 分析						
枕下回	R	36	−87	−12	20.37	3665
枕中回	L	−33	−90	−3	18.51	
梭状回	R	30	−3	−39	9.60	39
岛盖部额下回	R	45	6	24	8.87	379
海马	L	−21	−30	−6	9.07	41
	R	21	−30	−3	8.55	68
扣带回	R	6	27	36	7.61	133
三角部额下回	L	−57	18	30	7.31	133
脑岛	L	−33	21	−6	6.82	30
	R	39	27	0	6.41	96
眶额叶皮层下部	L	−48	48	−3	6.09	27

注: L/R 表示左/右脑, x、y、z 对应 MNI 坐标系, t-score 表示激活区域峰值点的 t 值, 激活区域阈值为 $p < 0.05$ (FWE corrected)。

(4)动态动物与静态动物审美判断激活的脑区差异

本研究最主要的一个目的就是探讨动态动物与静态动物审美判断的认知神经机制的差异，以此寻找动态动物审美时所特有的神经机制。首先，我们不区分美观和不美观，直接对比了动态动物与静态动物的脑激活差异。在“动态动物 > 静态动物”的对比中，显著激活了双侧舌回(Lingual gyrus)，延伸到了双侧颞中回(Middle temporal gyrus, MT)。而在“静态动物 > 动态动物”的对比中，则没有显著激活的区域(具体见表 4 和图 3)。

表 4 动态动物与静态动物审美判断的脑区差异

大脑区域	大脑半球	峰值坐标 x	y	z	t 值	团簇大小
动态动物 > 静态动物						
舌回	L	−24	−84	−15	7.36	3071
	R	21	−84	−12	7.16	
静态动物 > 动态动物						
没有显著激活区域						

注：L/R 表示左/右脑，x、y、z 对应 MNI 坐标系，*t* 值表示激活区域峰值点的 *t* 值，激活区域阈值为体素水平(voxel level)阈限 $p < 0.001$ (未校正，uncorrected)，族群水平(cluster level)阈限 $p < 0.05$ (FWE 校正，FWE corrected)。

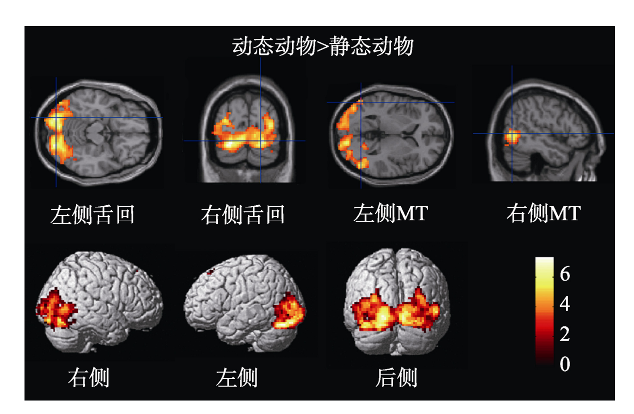


图 3 动态动物和静态动物审美判断的差异脑区

其次，我们分别分析了美观动物和不美观动物。在“美观动态动物 > 美观静态动物”的对比中，发现对美观动态动物的审美显著激活了右侧舌回、右侧 MT、右侧枕中回。而在“美观静态动物 > 美观动态动物”的对比中，则没有显著激活的区域(见表 5 和图 4a)。

在“不美观动态动物 > 不美观静态动物”的对比中，显著激活了左侧舌回和右侧枕中回。在“不美观静态动物 > 不美观动态动物”的比较中，并没有任何显著的脑区被激活(见表 6 和图 4b)。

表 5 美观动态动物与美观静态动物的激活区域差异

大脑区域	大脑半球	峰值坐标 x	y	z	t 值	团簇大小
美观动态动物 > 美观静态动物						
舌回	R	9	−90	−9	7.30	1603
MT	R	51	−66	3	5.24	152
枕中回	R	33	−78	15	4.66	74
美观静态动物 > 美观动态动物						
没有显著激活区域						

注：L/R 表示左/右脑，x、y、z 对应 MNI 坐标系，*t* 值表示激活区域峰值点的 *t* 值，激活区域阈值为体素水平(voxel level)阈限 $p < 0.001$ (未校正，uncorrected)，族群水平(cluster level)阈限 $p < 0.05$ (FWE 校正，FWE corrected)。

表 6 不美观动态动物与不美观静态动物的激活区域差异

大脑区域	大脑半球	峰值坐标 x	y	z	t 值	团簇大小
不美观动态动物 > 不美观静态动物						
舌回	L	−15	−90	−12	5.62	585
枕中回	R	33	−84	9	4.88	164
不美观静态动物 > 不美观动态动物						
没有显著激活区域						

注：L/R 表示左/右脑，x、y、z 对应 MNI 坐标系，*t* 值表示激活区域峰值点的 *t* 值，激活区域阈值为体素水平(voxel level)阈限 $p < 0.001$ (未校正，uncorrected)，族群水平(cluster level)阈限 $p < 0.05$ (FWE 校正，FWE corrected)。

4 综合讨论

本研究通过行为和 fMRI 探讨了动态性对简笔画动物审美的影响，结果发现动态性影响了对简笔画动物的审美，动态的动物比静态的动物更加美观，也更受人们喜爱。在神经机制的研究上发现不管是对动态简笔画动物的审美还是对静态简笔画动物的审美都激活了枕下回、枕中回、梭状回、海马、三角部额下回、岛盖部额下回、扣带回、脑岛、眶额叶皮层下部、杏仁核等区域。二者的激活区域基本一致，都激活了枕叶区等视觉区域，额叶区等认知加工区域，眶额叶皮层等奖赏区域，海马、杏仁核等情绪加工区域以及扣带回皮层等中介奖赏系统。这与风景画、油画、雕塑、几何图形等视觉艺术形式的审美激活的脑区是一致的，前人研究发现对视觉刺激的审美首先一定会激活枕叶等视觉区域，其次激活的是与审美判断有关的额叶等认知加工区域，并且审美过程中必定会产生某种情绪体验，因而会激活与情绪加工有关的杏仁核、海马等区域，同时情绪体验过程中也会伴随着眶额叶皮层等奖赏区域的激活(Cela-Conde et al., 2004; Chatterjee et

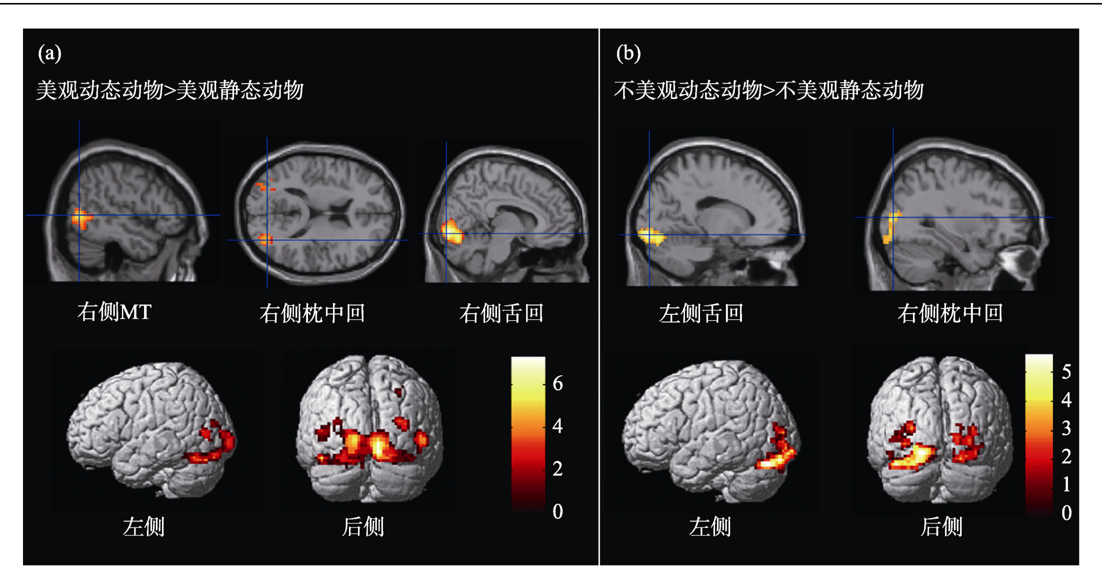


图 4　美观的动态动物与静态动物以及不美观的动态动物与静态动物审美判断的差异脑区

al., 2009; Cupchik et al., 2009; Jacobsen et al., 2006; Kawabata & Zeki, 2004; O'Doherty et al., 2003; Vartanian & Goel, 2004; Winston et al., 2007)。

研究发现对于简笔画动物的审美会激活眶额叶皮层和海马。眶额叶皮层是奖赏回路的一部分, 这是关于美感脑机制的研究中最常激活的一个区域, 也被认为是审美判断中的特异性脑区(Jacobsen et al., 2006; Kirk, Skov, & Hulme et al., 2009; Tsukiura & Cabeza, 2011a)。同样, 海马也是对美观刺激进行评价的重要脑区(Bohrn et al., 2013; Tsukiura & Cabeza, 2011b)。学者们普遍认为在审美过程中, 海马与奖赏情绪的加工有关(Blood & Zatorre, 2001; Brown et al., 2004; 黄子岚, 张卫东, 2012)。这说明简笔画这种艺术形式给人带来了美感。值得一提的是, 不论是美观的动物还是不美观的动物的审美都显著激活了眶额叶皮层和海马, 这可能与实验材料的特殊性有关, 因为实验材料采用的简笔画形式, 而不美观的简笔画动物亦是一种艺术表现形式, 虽然在实验过程中要求被试只判断动物的美丑, 而不管绘画形式的好坏, 但是被试仍然不可避免地会受到相应的影响, 不美观的简笔画动物同样是一种艺术表现形式, 被试可能因此产生愉悦的情绪, 产生奖赏的感觉, 因而激活了海马和眶额叶皮层。

一般认为视觉皮层与视觉审美有着最直接的关系, 正是视觉皮层神经运动的方式决定了人们对视觉刺激的审美体验。1994 年, Zeki 与 Lamb 在《动态艺术的神经学》(The Neurology of Kinetic Art)中提出"艺术家们在毫不自知的情况下, 通过艺术创作, 试图最大强度地刺激大脑皮层中有限的视觉区域, 以获得艺术作品最佳的审美效果" (Zeki & Lamb, 1994)。也就是说, 要想使艺术作品更加美观, 就要试图最大程度地激活欣赏者的大脑视觉皮层区域。Zeki (1999)也提出了同样的观点, 认为如果艺术作品激活越来越多的大脑视觉神经元和视觉皮层, 就越会被认为更加美观。本研究中发现了动态动物比相对应的静态动物更多地激活了视觉皮层。首先, 根据大脑的激活图、激活体素大小以及峰值坐标等可以看出动态动物和静态动物共同激活的区域基本就是静态动物审美判断所激活的区域, 动态动物的审美判断所激活的区域虽然和静态动物的相似, 都是视觉区域、认知加工区域和奖赏等情绪加工区域等, 但是动态动物审美所激活的区域明显多于静态动物, 体素大小也明显多于静态动物。不过最直接的证据就是动态动物减去静态动物时, 显著激活了舌回、MT 区等, 而静态动物减去动态动物时, 则没有显著激活的脑区。这表明动态动物比静态动物激活了更多的视觉皮层区域, 引起了更强烈的审美体验。

本研究发现动态动物比静态动物更多地激活了双侧 MT 区。以往的研究表明, MT 与视觉运动的表征有关, 被认为是视觉动态刺激的特异性脑区(Hauk et al., 2004; Kourtzi & Kanwisher, 2000; Phillips et al., 2002; Ruby & Decety, 2001; Wallentin et al., 2011)。动态动物具有更强烈的动感, 因此动态动物的审美会显著激活 MT 区域。而 MT 区在审美中具有重要的作用。Chakravarty (2010)曾指出绘画和雕塑等艺术作品一般是通过 V1、V2、V3 和 V4 这 4 个视觉区域的激活而唤起审美体验, 而如果这个时候 V5 (MT)视觉运动区也可以激活, 就会

显著增强该艺术作品的审美价值和可观赏性。达芬奇也正是利用了蒙娜丽莎嘴角的角度变化，使得画作具有动态感，尤其是其嘴角处的动感，才使得蒙娜丽莎这一神秘的微笑流传百世，至今仍被人津津乐道。甚至有的艺术家认为视觉运动区明显重要于其他的 V3 和 V4 区等，因此他们在进行艺术创作的时候，也都非常注重视觉运动，例如著名的动态艺术家亚历山大·考尔德在进行视觉艺术创作时就喜欢把物体真实的运动状态融入，而且为了增强作品的运动感，他还把作品简化为黑白两色，也就是为了增强 V5 区的审美体验而减弱了处理色彩的 V4 区的刺激。同时研究也发现 MT 区作为视觉运动的特异性区域被显著激活时，会产生更强的审美体验。Zeki 和 Stutters (2012)发现被试喜欢的移动点的模式比那些被试不喜欢的模式在 MT 区会引起更强的激活。Cattaneo 等(2015)的一项 TMS 研究表明当对被试的 MT 区进行经颅磁刺激时，会显著降低被试对运动的感知，同时也会显著降低被试对抽象画的喜爱程度，这说明 MT 区在抽象画的审美中起着因果作用。

不过当分别分析美观和不美观两类动物时，本研究发现虽然相比于美观静态动物的审美，对美观动态动物的审美更多地激活了与视觉运动相关的 MT 区。但是在对不美观动物的分析上，并没有发现动态动物比静态动物更多地激活 MT 区，这可能与选取的实验材料有关。虽然材料都经过了评定，静态和动态两组的动感程度差异显著，但是部分动物的动感却并不是非常强烈。比如我们很少见到奔跑的猪，因此专业绘画人员画出来的猪就是走路的形态，虽然和静止站立的猪在动感程度上差异显著，但是动感仍然不够强烈，这就有可能导致对动态不美观动物的审美没有显著激活视觉运动 MT 区。但是对动态不美观动物的审美却更多地激活了枕叶等视觉区，这也说明动态的刺激会引起人们的注意，使人们对其投入更多的大脑视觉资源。

总之，本研究创新性地采用简笔画形式作为审美对象进行探讨，填补了简笔画图片审美的神经机制研究的空白；最为重要的是，本研究首次探讨了动态性对人们审美的影响，研究了动态动物审美的神经机制，弥补了前人关于视觉刺激审美神经机制的研究主要以静态刺激为主的缺憾。不过本研究也存在着不足，比如研究为了控制无关因素，采用了简笔画形式，并没有采用真正动态的刺激，只是选取了动感强烈和动感微弱的静态动物进行了审美研究，后续研究可以采用真正动态的刺激(例如卡通动画或者现实生活中动态的动物视频)作为实验材料进行研究。其次，研究并没有探究动感的强度大小对审美判断的影响，后续的研究需要进一步探讨不同程度的动感对审美判断所产生的影响。

5 研究结论

第一，动态性增加了对简笔画动物的审美，动态动物会更加美观。

第二，动态简笔画动物审美判断激活的区域基本涵盖了静态简笔画动物审美所激活的区域，二者都激活了枕叶区等视觉加工区域、额叶区等认知加工区域、眶额叶皮层等奖赏区域以及海马、脑岛、扣带回、杏仁核等情绪加工区域。

第三，与静态简笔画动物相比，动态简笔画动物显著激活了舌回和 MT 区。

参 考 文 献

Baudouin, J.-Y., & Tiberghien, G. (2004). Symmetry, averageness, and feature size in the facial attractiveness of women. *Acta Psychologica*, *117*(3), 313–332.

Berlyne, D. E. (1971). *Aesthetics and psychobiology*. New York: Appleton-Century-Crofts.

Biaggio, M. K., & Supplee, K. A. (1983). Dimensions of aesthetic perception. *Journal of Psychology*, *114*(1), 29–35.

Blood, A. J., & Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 98*(20), 11818–11823.

Bohrn, I. C., Altmann, U., Lubrich, O., Menninghaus, W., & Jacobs, A. M. (2013). When we like what we know - A parametric fMRI analysis of beauty and familiarity. *Brain & Language, 124*(1), 1–8.

Bray, S., & O'Doherty, J. (2007). Neural coding of reward-prediction error signals during classical conditioning with attractive faces. *Journal of Neurophysiology, 97,* 3036–3045.

Brown, S., Martinez, M. J., & Parsons, L. M. (2004). Passive music listening spontaneously engages limbic and paralimbic systems. *Neuroreport, 15*(13), 2033–2037.

Cattaneo, Z., Schiavi, S., Silvanto, J., & Nadal, M. (2015). A TMS study on the contribution of visual area V5 to the perception of implied motion in art and its appreciation. *Cognitive Neuroscience.* doi:10.1080/17588928.2015.1083968

Cazzato, V., Siega, S., & Urgesi, C. (2012). "What women like": Influence of motion and form on esthetic body perception. *Frontiers in Psychology*, *3*(3), 235

Cela-Conde, C. J., Marty, G., Maestú, F., Ortiz, T., Munar, E., Fernández, A., … Quesney, F. (2004). Activation of the prefrontal cortex in the human visual aesthetic perception. *Proceedings of National Academy of Science, 101*, 6321–6325.

Chakravarty, A. (2010). Mona Lisa's smile: A hypothesis based on a new principle of art neuroscience. *Medical Hypotheses*, *75*(1), 69–72.

Chatterjee, A., Thomas, A., Smith, S. E., & Aguirre, G. K. (2009). The neural response to facial attractiveness. *Neuropsychology, 23*(2), 135–143.

Cupchik, G. C. (2002). The evolution of psychical distance as an aesthetic concept. *Culture and Psychology, 8*(2), 155–187.

Cupchik, G. C., Vartanian, O., Crawley, A., & Mikulis, D. J. (2009). Viewing artworks: Contributions of cognitive control and perceptual facilitation to aesthetic experience. *Brain and Cognition, 70*(1), 84–91.

Di Dio, C., Macaluso, E., & Rizzolatti, G. (2007). The golden beauty: Brain response to classical and renaissance sculpture. *PLoS ONE, 2*(11), e1201. doi:10.1371/journal.pone.0001201.

Hauk, O., Johnsrude, I., & Pulvermüller, F. (2004). Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron, 41*(2), 301–307.

Hekkert, P., Snelders, D., & van Wieringen, P. C. W. (2003). 'Most advanced, yet acceptable': Typicality and novelty as joint predictors of aesthetic preference in industrial design. *British Journal of Psychology*, *94*(1), 111–124.

Huang, Z. L., & Zhang, W. D. (2012). Neuroaesthetics: Exploring aesthetics and the brain. *Advances in Psychological Science, 20*(5), 672–681.

[黄子岚，张卫东. (2012). 神经美学：探索审美与大脑的关系. *心理科学进展, 20*(5), 672-681.]

Jacobsen, T., Schubotz, R. I., Höfel, L., & von Cramon, D. Y. (2006). Brain correlates of aesthetic judgment of beauty. *NeuroImage, 29*(1), 276–285.

Kawabata, H., & Zeki, S. (2004). Neural correlates of beauty. *Journal of Neurophysiology, 91*(4), 1699–1705.

Kim, H., Adolphs, R., O'Doherty, J. P., & Shimojo, S. (2007). Temporal isolation of neural processes underlying face preference decisions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(46), 18253–18258.

Kirk, U., Skov, M., Christensen, M. S., & Nygaard, N. (2009). Brain correlates of aesthetic expertise: A parametric fMRI study. *Brain and Cognition*, *69*(2), 306–315.

Kirk, U., Skov, M., Hulme, O., Christensen, M. S., & Zeki, S. (2009). Modulation of aesthetic value by semantic context: An fMRI study. *NeuroImage, 44*(3), 1125–1132.

Kourtzi, Z., & Kanwisher, N. (2000). Activation in human MT/MST by static images with implied motion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *12*(1), 48.

Kranz, F., & Ishai, A. (2006). Face perception is modulated by sexual preference. *Current Biology, 16*(1), 63–68.

Mastandrea, S., & Umiltà, M. (2016). Futurist art: Motion and aesthetics as a function of title. *Frontiers in Human Neuroscience, 10,* 311. doi: 10.3389/fnhum.2016.00201

Mende-Siedlecki, P., Said, C. P., & Todorov, A. (2013). The social evaluation of faces: A meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 8*(3), 285–299.

Mizokami, Y., Terao, T., Hatano, K., Hoaki, N., Kohno, K., Araki, Y., … Kochiyama, T. (2014). Difference in brain activations during appreciating paintings and photographic analogs. *Frontiers in Human Neuroscience, 8,* 478. doi: 10.3389/fnhum.2014.00478

O'Doherty, J., Winston, J., Critchley, H., Perrett, D., Burt, D. M., & Dolan, R. J. (2003). Beauty in a smile: The role of medial orbitofrontal cortex in facial attractiveness. *Neuropsychologia, 41*(2), 147–155.

Phillips, J.A., Noppeney, U., Humphreys, G. W., & Price, C. J. (2002). Can segregation within the semantic system account for category-specific deficits? *Brain, 125*, 2067–2080.

Rhodes, G., Proffitt, F., Grady, J. M., & Sumich, A. (1998). Facial symmetry and the perception of beauty. *Psychonomic Bulletin and Review, 5,* 659–669.

Ruby, P., & Decety, J. (2001). Effect of subjective perspective taking during simulation of action: A PET investigation of agency. *Nature Neuroscience, 4*(5), 546–550.

Rymarczyk, K., Żurawski, L., Jankowiak-Siuda, K., & Szatkowska, I. (2019). Empathy in facial mimicry of fear and disgust: Simultaneous EMG-fMRI recordings during observation of static and dynamic facial expressions. *Frontiers in Psychology*, *10*, 701.

Tsukiura, T., & Cabeza, R. (2011a). Shared brain activity for aesthetic and moral judgments: Implications for the beauty-is-good stereotype. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 6*(1), 138–148. doi: 10.1093/scan/nsq025

Tsukiura, T., & Cabeza, R. (2011b). Remembering beauty: Roles of orbitofrontal and hippocampal regions in successful memory encoding of attractive faces. *Neuroimage, 54*(1), 653–660.

Urgesi, C., Mele, S., & Cazzato, V. (2012). TMS investigations of the influence of body form and body action representations on body aesthetic perception. *Cognitive Processing, 13*(13), 29.

Vartanian, O., & Goel, V. (2004). Neuroanatomical correlates of aesthetic preference for paintings. *NeuroReport, 15*(5), 893–897.

Wallentin, M., Nielsen, A. H., Vuust, P., Dohn, A., Roepstorff, A., & Lund, T. E. (2011). BOLD response to motion verbs in left posterior middle temporal gyrus during story comprehension. *Brain & Language, 119*(3), 221.

Winston, J. S., O'Doherty, J., Kilner, J. M., Perrett, D. I., & Dolan, R. J. (2007). Brain systems for assessing facial attractiveness. *Neuropsychologia, 45*(1), 195–206.

Yan, C. G., Wang, X. D., Zuo, X. N., & Zang, Y. F. (2016). DPABI: Data processing & analysis for (resting-state) brain imaging. *Neuroinformatics*, *14*, 339−351. doi:10.1007/s12021-016-9299-4

Zeki, S. (1999). Art and the brain. *Journal of Consciousness Studies, 6*(6-7), 76–96.

Zeki, S., & Lamb, M. (1994). The neurology of kinetic art. *Brain, 117*(3), 607–636.

Zeki, S., & Stutters, J. (2012). A brain-derived metric for preferred kinetic stimuli. *Open Biology, 2*(2), 120001 doi: 10.1098/rsob.120001

Zhang, W., He, X., Lai, S., Wan, J., Lai, S., Zhao, X., & Li, D. (2017). Neural substrates of embodied natural beauty and social endowed beauty: An fMRI study. *Scientific Reports*, *7*(1), 7125.

Zhang, W., Lai, S., He, X., Zhao, X., & Lai, S. (2016). Neural correlates for aesthetic appraisal of pictograph and its referent: An fMRI study. *Behavioral Brain Research, 305,* 229–238.

The neural mechanism of the aesthetics of dynamic animal-stick figures

ZHAO Xueru[1,2], LI Ting[3], LI Jinhui[1], HE Xianyou[1], ZHANG Wei[1], CHEN Guangyao[4]

([1] *School of Psychology, South China Normal University/Key Laboratory of Brain, Cognition and Education Sciences (South China Normal University), Ministry of Education/Center for Studies of Psychological Application/Guangdong Key Laboratory of Mental Health and Cognitive Science, South China Normal University, Guangzhou* 510631, *China*) ([2] *Academy of Basic Education Professionals, Beijing Institute of Education, Beijing,* 100120, *China*) ([3] *SSL Experimental Middle School, Dongguan* 523000, *China*) ([4] *School of Journalism & Communication/National Media & Experimental Teaching Center, Jinan University, Guangzhou* 510632, *China*)

Abstract

"The love of beauty is an essential part of all healthy human nature." Aesthetic need is a high-level spiritual pursuit of human beings. In recent years, researchers have gradually paid more and more attention to the importance of beauty. Although researchers have carried out many aesthetic studies, most have focused on the study of static stimuli and not dynamic stimuli such as flying birds or fast trotting horses. Thus, research in cognitive experimental aesthetics and cognitive neuroaesthetics has not addressed the following questions: Which areas of the brain are activated when we appreciate dynamic animals? What are the differences between the brain regions activated by dynamic animals versus static animals? Does dynamic property of the animal affect aesthetic judgment?

We used behavioral research approaches and neurocognitive techniques (functional magnetic resonance image, fMRI) to gather converging evidence that addressed the above questions. In order to avoid the influence of irrelevant factors, we used stick figures as the experimental material. In Experiment 1 we explored if the dynamic property animal-stick figures affects aesthetic judgment. 20 college students participated in the formal experiment and 20 additional college students rated experimental materials. Participants were asked to evaluate the beauty and liking of dynamic animal-stick figures and static animal-stick figures. E-prime 2.0 was used to present stimuli and to collect the behavioral data. Results showed that dynamic animal-stick figures had higher aesthetic scores and liking scores than static animal-stick figures. Animal-stick figures were rated as more beautiful.

In Experiment 2 we explored neural mechanisms that underlie aesthetic judgment of dynamic animal-stick figures and compared the neural mechanisms between the aesthetic judgments of dynamic animal-stick figures and static ones. 20 participants who did not participate in Experiment 1 were scanned while they performed aesthetic judgments on dynamic animal-stick figures and matched static animal-stick figures.

Results revealed that regions of occipital lobe, frontal lobe, hippocampus, cingulate cortex, insula, orbital frontal cortex (OFC) and amygdala were commonly activated in the aesthetic judgments of both dynamic and static animal-stick figures. The neural networks involved in aesthetic judgments of dynamic animal-stick figures overlapped with those involved in aesthetic judgments of static animal-stick figures. Furthermore, compared to static animal-stick figures, stronger activations of lingual gyrus and middle temporal gyrus (MT/V5) were found in the aesthetic judgments of dynamic animal-stick figures. However, compared to dynamic animal-stick figures, no significant activations were found in beautiful judgments of static animal-stick figures.

In summary, the present study indicated that the dynamic property of animal-stick figures affected aesthetic judgment and dynamic animal-stick figures were more beautiful than static ones.

Keywords dynamics, dynamic animal-stick figure, static animal-stick figure, aesthetic